

# Mikrokontrollerek hardver-hatékony alkalmazása

Györök György  
Óbudai Egyetem  
Alba Regia Műszaki Kar  
Székesfehérvár Budai út 45,  
gyorok.gyorgy@amk.uni-obuda.hu

**Kivonat**—Egyrészt a manapság használt mikrokontrollerek egy-egy gyártóra jellemzően azonos aritmetikai-logikai egységgel és belső környezettel, maggal rendelkeznek. A gyártók stratégiai szempontok miatt egy-egy típuson belül, közel azonos magú mikrokontrollereket forgalmaznak, viszont ezen mikrokontrollerek periféria-választéka felhasználás-orientált és igen tág határok között választható.

Másrészt az elektronikai alkatrészpiacon a leggyakrabban alkalmazott megoldásokhoz egy-egy cél-integrált áramkör található, amelyekből létrehozhatjuk a kívánt áramkört. Ezek a megoldások általában megfelelőek, gyorsan adaptálhatók, biztonságosak, viszont a kialakítandó áramköri lehetőségeket, az áramköri rugalmasságot, a kellő költség-hatékonyt korlátozzák.

## I. BEVEZETÉS

A mikrokontrollerek ki-, illetve bemeneti meghajtóképessége alapvetően az általános áramköri felhasználásnak megfelelően kialakított. Így a bemenetek impedanciája általában minden mikrokontrollernél azonos, csakúgy, mint a kimenetek  $I_{sinc}$ , illetve  $I_{load}$  áram-értékei. Ezen jellemzők bizonyos tartományban átparaméterezhetők, megváltoztathatók [6] [2].

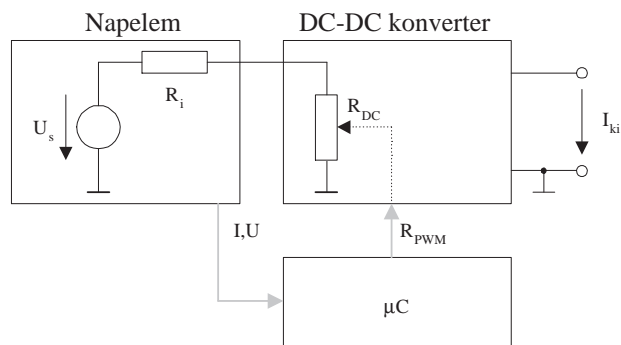
Igen hatékony, rugalmas, kevés külső alkatrészt tartalmazó megoldásokat tudunk kialakítani akkor, ha a mikrokontrollerek konfigurálható belső perifériáit alkalmazzuk az áramköri megoldásokhoz [1] [2] [8].

Az alkalmazott mikrokontrollerek esetén, néhány példán keresztül olyan hardver hatékony megoldásokat mutatunk be, amelyek mikrokontrollerek rendszerbe ágyazhatóságát nagymértékben kiszélesíti a nagyobb flexibilitás és a külső áramkörök számának minimalizálása miatt. Így bemutatunk egy olyan vezérlő egységet, amely napelemek bizonyos szigetüzemének optimalizálását valósítja meg, ipari környezetben alkalmazott indukciós kemence hatásfok-optimalizálását oldja meg, elektromos fűtőtest élettartam növelő vezérlését végzi, pneumatikus eszközök sebesség kritikus vezérlését látja el és impulzusszélesség modulációs eljárás segítségével kisinduktivitású tekercsek alacsony frekvenciájú mágneses terét állítja elő [9] [5] [3].

## II. NAPELEMEK SZIGET-ÜZEMÉNEK OPTIMALIZÁLÁSA

A fentiek alapján hatékonyan oldható meg napelemek szigetüzemének optimalizálása mikrokontrollerrel.

A napelemek belső ellenállása a megvilágítás intenzitásától a napsugarak beesési szögétől, és sok más környezeti paramétertől nagymértékben függ. Egy DC–DC konverter optimális



1. ábra. Napelem optimális illesztése DC–DC konverterhez.

illesztése (1. ábra) szigetüzemű alkalmazásnál akkor valósul meg, ha a tápegység bemeneti ellenállása ( $R_{DC}$ ) megegyezik a napelemével. A mikrokontroller ( $\mu C$ ) a napelem villamos teljesítményét ( $U, I$ ) folyamatosan méri és a konverter bemeneti ellenállását ( $R_{DC}$ ) az impulzus szélesség modulációs jel  $R_{PWM}$  kitöltési tényezőjének változtatásával úgy módosítja, hogy a teljesítmény a lehető legnagyobb legyen, amikor is a töltőáram ( $I_{ki}$ ) is maximális.

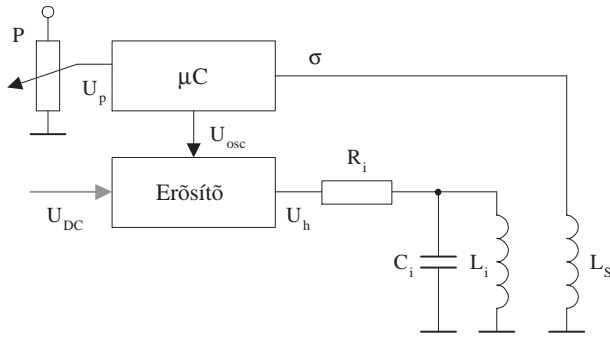
Így a DC–DC konvertert olyan módon kell vezérelnünk, hogy annak bemenő ellenállása egyezzen meg a napelem mindenkor belső ellenállásával ( $R_i = R_{DC}$ ). Pragmatikusabb megfogalmazásban azt is állíthatjuk, hogy impulzus szélesség modulációs eljárással úgy kell megváltoztatni a kapcsoló üzemű DC–DC konverter kitöltési tényezőjét, hogy annak a kimenetén tudjuk a lehető legnagyobb teljesítményt kinyerni.

A mikrokontrollert ehhez az alkalmazáshoz a lehető legtöbb belső perifériát felhasználva fogjuk alkalmazni. Így mikrokontrollerrel oldjuk meg a kapcsolóüzemű tápegység közvetlen vezérlését, csakúgy, mint a kimenő teljesítmény folyamatos mérését. [4] [19]

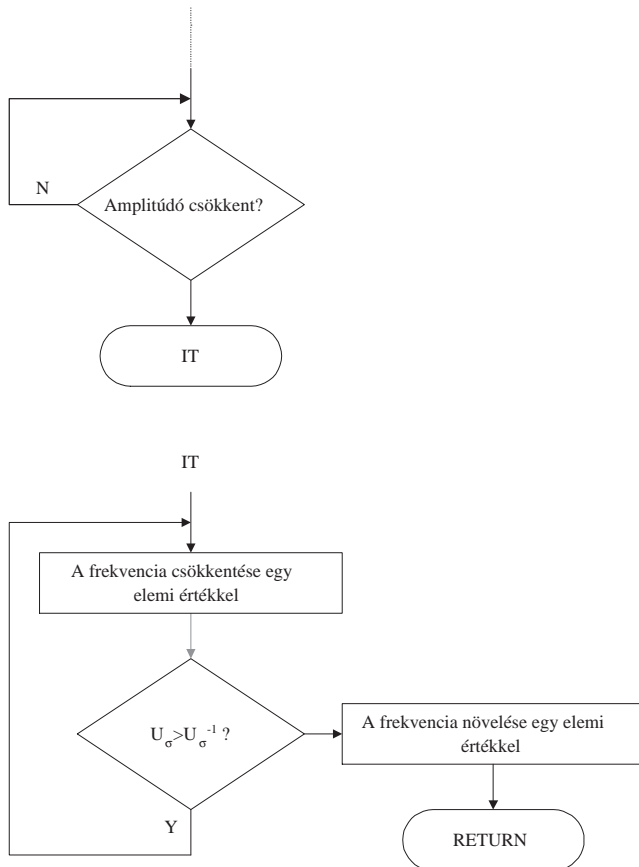
## III. INDUKCIÓS KEMENCE ÖNOPTIMALIZÁLÁSA

Ugyancsak hatékony alkalmazás valósítható meg mikrokontroller segítségével egy indukciós kemence önoptimalizálása kapcsán is [8].

Az indukciós vagy örvényáramos kemencénél nagyfrekvenciás mágneses teret állítunk elő (2. ábra), amelyet egy



2. ábra. Az örvényáramú indukciós berendezés funkcionális blokkvázlata.



3. ábra. A maximális indukciós teljesítmény megkeresése a frekvencia megváltoztatásával.

tekercs belsejében alakítunk ki. Ebbe helyezzük a hevítendő munkadarabot.

Az  $U_p$  a kívánt teljesítmény-alpjel. A Mikrokontroller ( $\mu C$ ) az  $U_{osc}$  jelet a teljesítményerősítő bementére juttatja. Az erősítő az  $R_i$ ,  $C_i$ ,  $L_i$  hálózat segítségével juttatja a mágneses teljesítményt a hevítendő munkadarabra. Az  $L_s$  induktivitás  $\sigma$  jelével mérjük a mágneses térerősséget. Az  $U_{DC}$  a tápfeszültség.

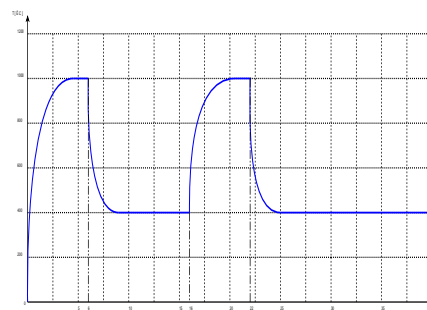
A tekercs akkor tudja a maximális mágneses energiát a munkadarabra juttatni, ha a párhuzamos rezgőkör, amelynek

egyik eleme éppen a nagyfrekvenciás mágneses teret kicsatoló tekercs, rezonancia frekvenciája megegyezik a gerjesztő frekvenciával. Ha a munkadarabot a tekercs belsejébe helyezzük, a tekercs induktivitása, a munkadarab permeabilitásától és a tekercsbe helyezés geometriájától függően megváltozik, csakúgy, mint a párhuzamos rezgőkör rezonancia frekvenciája [26].

Az alkalmazott mikrokontroller folyamatosan méri (3. ábra) a nagyfrekvenciás teljesítményt és mint frekvenciagenerátor hangolja a párhuzamos rezgőkör rezonancia frekvenciájának megfelelően a gerjesztő frekvencia értékét mindaddig, amíg a lehető legnagyobb teljesítményű mágneses energiát nem juttatunk a munkadarabra és az örvényáramú hevítés nagysága maximális értékű nem lesz. Ha az amplitúdó csökken a mikrokontroller megszakítási szubrutin végrehajtását kezdi el. Az  $U_\sigma$  a tekercsen mért feszültség, míg az  $U_\sigma^{-1}$  az egy ciklussal korábban mért érték. [7] [24] [23] [14]

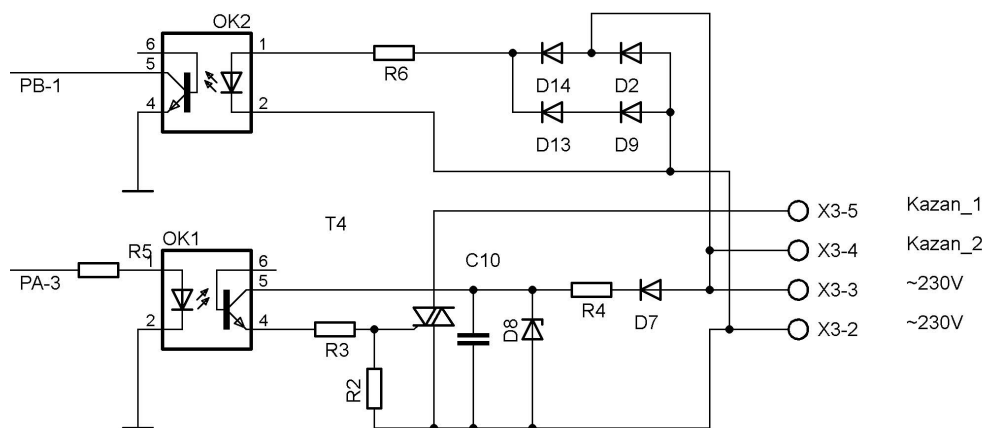
#### IV. ELEKTROMOS FŰTŐTEST ÉLETTARTAM-NÖVELTŐ VEZÉRLÉSE

Elektromos fűtőtest élettartam-növelő vezérlésénél [10, 20] bizonyos periodikus, aperiodikus villamos alkalmazásoknál –elsősorban anyagi jellemzők miatt– a fűtőtest élettartama nagymértékben függ a felfűtési, illetve a kihűlési gradienstől [26, 39]. A tapasztalatok és a mért értékek alapján egy fűtőtest jóval hosszabb élettartamú akkor, ha kikapcsolásnál, illetve bekapcsolásnál valamilyen, az üzemi hőmérsékletnél kisebb értékű hőn-tartó vezérlést alkalmazunk, a felmelegítési-lehűlési sebesség idő-gradiensének szabályozásával együtt. Ilyen vezérlés időparaméterei, illetve a megfelelő hőmérsékleti értékek tapasztalati úton határozhatók meg (4. ábra). Ezen heurisztikus függvények alapján történő vezérléssel egy fűtőtest várható élettartama jelentősen növelhető.



4. ábra. A javasolt élettartam-növelő vezérlés egy adott fűtőtest esetén. A teljes időtartam 60s, a maximális teljesítmény 100%.

Ilyen vezérlés is hatékonyan valósítható meg mikrokontroller segítségével (5. ábra). Ebben az esetben a tirisztorok, TRIAC-ok fázishasítós szabályozását működtetjük úgy, hogy a mikrokontroller magát a gyújtóimpulzust állítja elő, a mindenkor null-átmenethez késleltetetten az algoritmus, illetve a mért hőmérséklet függvényében. [1] [10] [11]

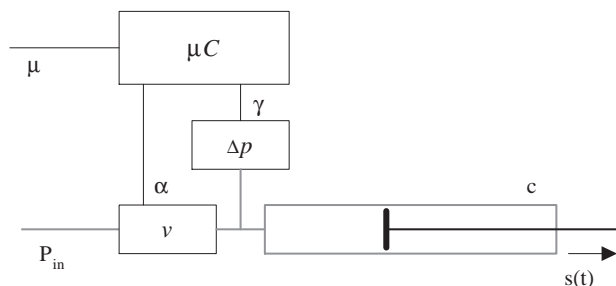


5. ábra. Fázishasítós vezérlés mikrokontroller kimenetéről (PA-3), illetve a nulla átmenet érzékelés megoldása (PB-1).

## V. PNEUMATIKUS AKTUÁTOROK SEBESSÉG-IDŐ FÜGGŐ VEZÉRLÉSÉRE

Általában a pneumatikus aktuátorokat sebességkritikus környezetben nem alkalmazzuk, mivel a sűrített levegős mozgatós meglehetősen hektikus viselkedésű.

Ha egy pneumatikus beavatkozón egy adott tömeg helyezkedik el, s ezen tömeg mozgását szeretnénk egy megadott sebesség-idő függvény szerint vezérelni, akkor ezt megtehetjük impulzus szélesség modulációs szelep-, illetve levegőnyomás vezérléssel (6. ábra).



6. ábra. Pneumatikus sebességvezérlés mikrokontrolleres környezetben.

A rendszerbe  $P_{in}$  nyomáson érkezik a sűrített levegő, amelyet a  $v$  szelep kapcsol a  $c$  dugattyúra, amely  $s(t)$  elmozdulásfüggvény szerint viselkedik. A mikrokontroller ( $\mu C$ ) a  $\Delta p$  nyomásérzékelő  $\gamma$  jelét digitalizálja és az algoritmus függvényében az  $\alpha$  jelen keresztül vezérli a szelepet.

Ehhez szükség van egy rendszeridentifikációs mérésre (7. ábra). A mozgató pneumatikus rendszert rövid időre bekapcsoljuk, megvizsgáljuk az elmozdulás nagyságát, sebességét... stb. és ennek függvényében tudjuk, impulzus szélesség modulációs eljárással (8. ábra), a sebesség-idő függvényt előállítani. Így, mikrokontroller hatékony alkalmazásával, lehetőségünk adódik pneumatikus aktuátorok sebesség-idő függő vezérlésére.[22] [26]

## VI. SÍKTEKERCEK ALACSONYFREKVENCIÁS VEZÉRLÉSÉNEK MEGOLDÁSA

Az alacsony frekvenciás mágneses tér orvosi-biológiai alkalmazása gyakori. Általában nagyméretű vasmasos tekercset kell alkalmazunk, amely a felhasználás területeit korlátozza. Lényegesen jobb megoldás, ha úgynevezett síktekerces alkalmazunk. A síktekerces (9. ábra) kis induktivitású, így alacsony frekvenciás vezérlése, kellően nagy térerősség mellett, csak körülményesen oldható meg.

Ezért érdekes szakmai kihívás ezen síktekerces alacsonyfrekvenciás vezérlésének megoldása [24] mikrokontroller segítségével [15] [16] [17].

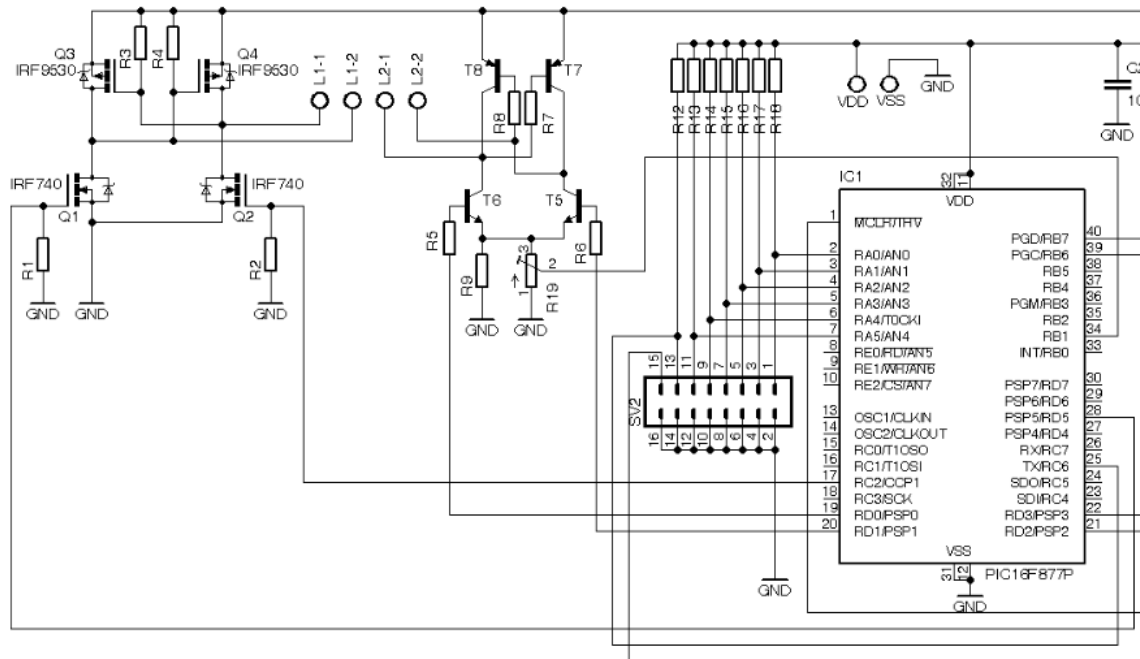
A mikrokontrollert ebben az esetben olyan vezérlőként alkalmazzuk (10. ábra), amely impulzus szélesség modulációs eljárással a kívánt alacsony frekvenciás komponenszt állítja elő (11. ábra), miközben a mágneses mező nagyságát mérjük. A mikrokontroller szoros visszacsatolásban vezérli a tekercs meghajtó áramkörét. [12] [13] [25]

## VII. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott eljárásokban közös, hogy kevés nagy integráltságú külső elektronikus alkatrészt tartalmaznak. Az egyes alkalmazásokban felhasznált mikrokontroller a belső erőforrásaiból, legyen az hardver vagy szoftver, a legtöbbet használja. Ezek teljesüléséhez körültekintő áramkör kialakítási, valamint programozási és rendszertervezési készségekre van szükség. Mindezekkel összemérhetően fontos a mikrokontroller kiválasztása és annak alapos ismerete, a komplex megközelítés. [20] [18] [21]

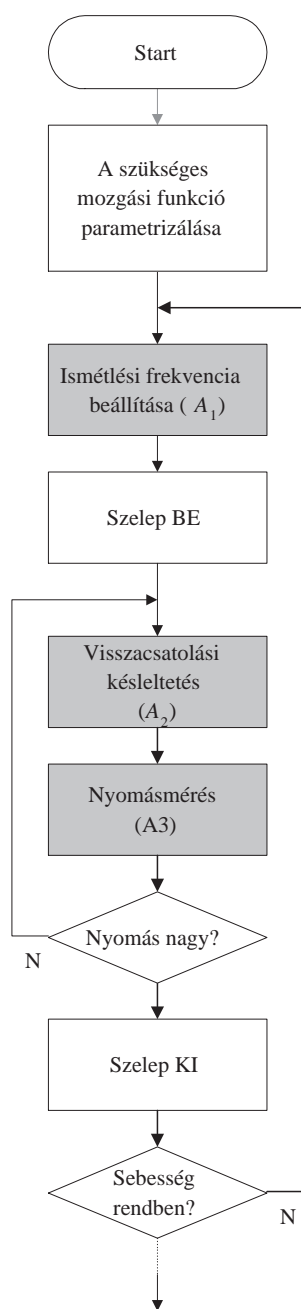
## HIVATKOZÁSOK

- [1] A.S. Deese, C.O. Nwankpa, J. Jimenez, J. Bernardino, and J. Hill. Design of modular field programmable analog array hardware for analysis of large power systems. pages 1207–1210, 2012.
- [2] Gy. Györök, M. Makó. Configuration of EEG input-unit by electric circuit evolution. *Proc. 9th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES2005)*, pages 1–7, September 2005.
- [3] Gy. Györök, M. Makó, J. Lakner. Combinatorics at electronic circuit realization in FPAA. *Acta Polytechnica Hungarica, Journal of Applied Sciences*, 6(1):151–160, 2009.

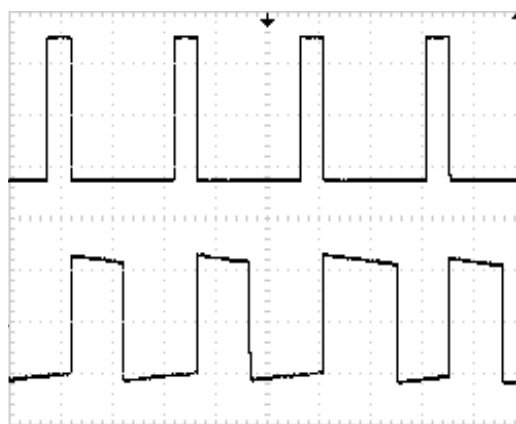


10. ábra. Két síktekeres vezérlése mikrokontrolleres környezetben, FET ( $Q_1$ - $Q_4$ ), illetve BJT ( $T_5$ - $T_8$ ) félvezetős  $H$ -híddal megvalósítva.

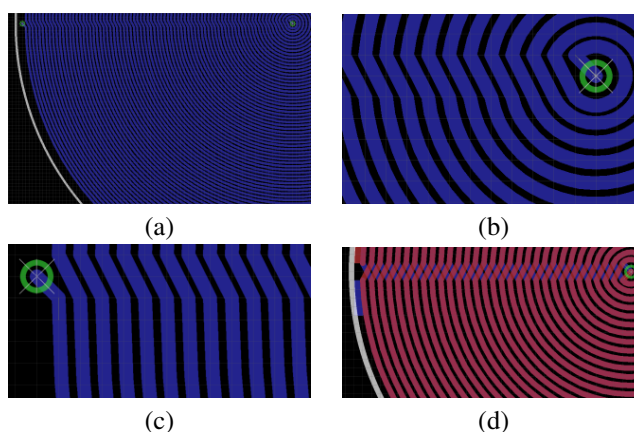
- [4] Gy. Györök. The function-controlled input for the IN CIRCUIT equipment. *Proc. 8th Intelligent, Engineering Systems Conference (INES2004)*, pages 443–446, September 2006.
- [5] Gy. Györök. Self configuration analog circuit by FPAA. *Proc. 4th Slovakien–Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence (SAMI2006)*, pages 34–37, January 2006.
- [6] Gy. Györök. Self organizing analogue circuit by monte carlo method. *Proc. IEEE International Symposium on Logistics and Industrial Informatics (LINDI2007)*, pages 34–37, September 2007.
- [7] Gy. Györök. A-class amplifier with FPAA as a predictive supply voltage control. *Proc. 9th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence and Informatics (CINTI2008)*, pages 361–368, November 2008.
- [8] Gy. Györök. The FPAA realization of analog robust electronic circuit. *Proc. IEEE International Conference on Computational Cybernetics (ICCC2009)*, pages 1–5, November 2009.
- [9] Gy. Györök. Crossbar network for automatic analog circuit synthesis. *Proceedings (Liberios Vokorokos, Ladislav Hluchý, János Fodor szerk.) of the IEEE 12th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI 2014)*. IEEE Computational Intelligence Society, Budapest: IEEE Hungary Section, ISBN:978-1-4799-3441-6, pages 263–267, January 2014.
- [10] J. Kopják. Dynamic analysis of distributed control network based on event driven software gates. *IEEE 11th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia*, ISBN: 978-1-4673-4751-8:p. 293–297, 2013.
- [11] J. Kopják and J. Kovács. Implementation of event driven software gates for combinational logic networks. *IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia*, ISBN: 978-1-4673-4751-8:p. 299–304, 2012.
- [12] K. Lamár. A világ leggyorsabb mikrovezérlője. *ChipCAD Kft.*, page 96, January 1999.
- [13] K. Lamár and Veszprémi K. A mikroszámítógépek térnyerése a villamos hajtások szabályozásában. *Proceedings of the Kándó Conference 2002, Budapest, Hungary*, pages 1–7, January 2002.
- [14] K. Lamár and J. Neszveda. Average probability of failure of aperiodically operated devices. *Acta Polytechnica Hungarica*, 10.(8.):pp. 153–167, 2013.
- [15] L. Madarász and Zivcak J. Aspects of computational intelligence: Theory and applications. *Revised and Selected Papers of the 15th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2011, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg*, ISBN 978-3-642-30667-9:p. 436, 2011.
- [16] L. Madarász and Fözö R. Intelligent technologies in modelling and control of turbojet engines. *New Trends in Technologies : Control, Management, Computational Intelligence and Network Systems, Rijeka, Croatia*, ISBN 978-953-307-213-5:p. 17–38, 2011.
- [17] T. Orosz. Analysis of sap development tools and methods. *15th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)*, pages pp. 439–443, 2011.
- [18] A. Pilat and J. Kloczek. Programmable analog hard real-time controller [programowalny sterownik analogowy]. *Przegląd Elektrotechniczny*, 89(3 A):38–46, 2013. cited By (since 1996) 0.
- [19] Adam Pilat. Control toolbox for industrial programmable analog controller embedding state feedback controller. pages 1–4, 2012.
- [20] A. Selmei and T. Orosz. Usage of soa and bpm changes the roles and the way of thinking in development. *IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, pages pp. 265–271, 2012.
- [21] S. Sergyán. Edge detection techniques of thermal images. 2012



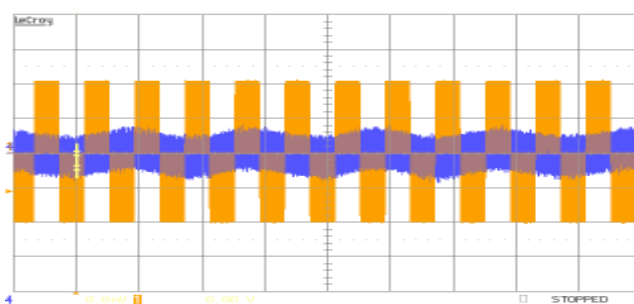
7. ábra. A mikrokontrolleres pneumatikus sebességvezérlés folyamatábrája. Az  $A-1$ ,  $A-2$ ,  $A-3$  paraméterek a rendszeridentifikáció eredménye miatt változnak.



8. ábra. A megvalósított sebességvezérlés időfüggvényei lassú mozgás és nagy terhelés esetén. Felül a szelep bekapcsoló-, alul a kikapcsolás várakozási impulzusai láthatók.



9. ábra. A megvalósított sík tekercs nyomtatott áramköri tervei, a., a tekercs negyede, b., a tekercs belső, c., a tekercs külső végződése, d., a nyomtatott áramköri kártya másik oldala.



11. ábra. Impulzus-szélesség modulációs jelek (sárga) és a tekercs szinuszoid áram-idő függvényei.

IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY 2012, pages 227–231, 2012.

- [22] S. Sergyán. Useful and effective feature descriptors in content-based image retrieval of thermal images. *LINDI 2012 - 4th IEEE International Symposium on Logistics and Industrial Informatics, Proceedings*, pages 55–58, 2012.
- [23] J. Tick. User interface redesign based on user behavior analyses. *Proc. of ICC2003 IEEE International Conference on Computational Cybernetics (ICC2003)*, pages 29–31, October 2003.
- [24] J. Tick. *Potential Application of P-Graph-Based Workflow in Logistics*. Aspects of Computational Intelligence: Theory and Applications: Revised and Selected Papers of the 15th IEEE International Conference

on Intelligent Engineering Systems 2011, pp. 293–303, Springer Verlag, 2012, Heidelberg; London; New York, 2012.

- [25] J. Tick. Business process-based initial modeling at software development. *Proc. of IEEE 11th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAM2013)*, pages 141–144, January 2013.
- [26] L. Vokorokos, N. Ádám, and B. Madol. The process control for p-single operators. *19th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, RAAD 2010 - Proceedings*, pages 119–123, 2010.